

AUS DEM ANATOMISCHEN INSTITUT DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

(Direktor : Prof. Dr. G. Töndury)

Beitrag
zur Kenntnis der Anatomie
der Wirbelrippenverbindungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät der

Universität Zürich

vorgelegt von

Bruno Bürgin

von Basel

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. G. Töndury

ZÜRICH 1949

Schürpf's Erben, Buchdruckerei, Basel



Beitrag zur Kenntniss der Anatomie der Wirbelrippenverbindungen

von

Bruno Bürgin

Die Kenntnisse der makroskopischen Anatomie und des Feinbaues der Wirbelrippengelenke sind in manchen Beziehungen noch recht lückenhaft. Aus diesem Grunde haben wir uns zur Aufgabe gemacht, an Hand eines größeren Materials das Verhalten der Gelenkflächen, -kapseln und -bänder einer eingehenden Analyse zu unterziehen, wobei wir uns vorwiegend mit den **Articuli capitulorum costarum** beschäftigt haben.

Jedem, der sich bei Sektionen oder im Präpariersaal die Mühe nimmt, die Rippenköpfchengelenke genauer zu inspizieren, muß es auffallen, daß diese sehr häufig auch schon bei jüngeren Individuen, arthritische Veränderungen mehr oder weniger schweren Grades aufweisen, während die Rippenhöckergelenke von solchen vollständig frei bleiben. Da auch die Zwischenwirbelscheiben, die an der Ausgestaltung der betreffenden Gelenke mitbeteiligt sind, Zeichen krankhafter Prozesse zeigen, stellt sich die Frage, ob die arthritischen Veränderungen an den Rippenköpfchengelenken und an den Bandscheiben irgendwie koordiniert sind oder unabhängig voneinander entstehen.

Die **Articuli cap. cost.** sind kompliziert gebaute, meist zweitheilige Gelenke. Jedes Rippenköpfchen besitzt zwei Gelenkfacetten, von welchen die obere, kleinere mit der *Fovea costalis caud.* des nächst höheren, die untere, größere mit der *Fovea cost. cran.* des gleichnamigen Wirbels artikuliert. Die *Crista capituli* wird durch das *Lig. cap. cost. interarticulare* mit der Außenfläche der betreffenden Zwischenwirbelscheibe verbunden. Daraus ergeben sich enge Beziehungen zwischen Rippengelenk und Bandscheiben,

und es ist nicht von der Hand zu weisen, daß degenerative Veränderungen der Bandscheiben entsprechende Vorgänge in den Rippengelenken auslösen können.

Die makroskopische Präparation der Wirbelrippengelenke genügt für die Darstellung der gröberen anatomischen Verhältnisse, wird aber niemals einen Einblick gestatten in die feineren geweblichen Beziehungen, die zwischen Gelenk und Bandscheiben bestehen. Aus diesem Grunde haben wir verschiedene Gelenke eingebettet und in Schnittserien zerlegt. Die Schnittuntersuchung von Präparaten erwachsener Menschen bereitet große Schwierigkeiten. Daher wurde fetales Material zur Untersuchung mit herangezogen, was ohne weiteres zulässig ist, da die vergleichenden Studien gezeigt haben, daß die typischen Baueigentümlichkeiten der in Frage stehenden Gelenke bereits sehr frühzeitig nachzuweisen sind. Durch Vergleiche mit Material des Erwachsenen ist es dann möglich, die Veränderungen zu verfolgen, die sich an den Wirbelrippengelenken im Verlaufe des postfetalen Lebens abspielen.

1. Makroskopische Befunde

Die Rippenköpfchengelenke werden meist als zweiteilige Gelenke beschrieben, deren beide Gelenkflächen in einem stumpfen Winkel zueinander stehen und mit den Gelenkflächen von zwei aufeinanderfolgenden Wirbelkörpern verbunden sind. Numeriert werden sie nach dem unteren Wirbelkörper, mit dem sie an der hintern, seitlichen und oberen Kante artikulieren. Daneben berühren sie auch die hintere, seitliche und untere Kante des oberen Wirbelkörpers. Das 11. und 12., nach **Fick** und **Spalteholz** auch das 10. Gelenk, gelten als einkammerig. Wir fanden an einer Wirbelsäule auch eine Zweiteilung des 11. Gelenks, an einer andern war bereits das 10. einteilig, beim 1. Gelenk wird häufig die Mitbeteiligung des 7. Halswirbels genannt. Diese, sich teils widersprechenden Angaben sind aber nicht weiter verwunderlich, beruhen sie doch alle auf normalerweise vorkommenden Varietäten. Sicher ist, daß das 2. bis 9. Gelenk im allgemeinen zweiteilig, das 12. einteilig ist, während das 1., 10. und 11. Gelenk häufiger variieren.

Die obere Gelenkhälfte gilt bei allen Autoren als die kleinere; auch in dieser Beziehung bestehen Variationen. Wir fanden z. B. an einem 8. Gelenk eine fast rudimentär wirkende untere Gelenk-

hälfte. Die Größe der obern Gelenkfläche kann sprunghaft von Wirbel zu Wirbel und von einer Wirbelsäule zur andern ändern. Das Maximum von etwa 4 mm Durchmesser dürfte beim 4. bis 6. Wirbel anzutreffen sein. Die größten untern Gelenkflächen sind bis zu 1 cm breit. Ähnliche Schwierigkeiten hatte **Werenskiöld** bei der Klassifizierung der Rippenhöckergelenke.

Über die Form der Gelenkflächen äußert sich nur **Fick**. Er bezeichnet sie als kreisförmig, die untere als «mondsichelförmig abgebogen und abgenutzter» als die obere. An unsern Wirbelsäulen war die obere Gelenkfläche rundlich bis oval, gelegentlich auch eckig, die untere eiförmig mit nach ventral ausgezogener Spitze. Nach **Tandler** sind die Gelenkflächen an den Wirbelkörpern konkav, nach **Fick** sind sie zu klein zur Beurteilung ihrer Form. Nach unsern eigenen makroskopischen Untersuchungen beim Erwachsenen müssen wir die oberen als leicht sattelförmig, die untern als plan bis konkav bezeichnen. Die mikroskopische Untersuchung eines Rippenköpchengelenkes bei einem 25jährigen ergab das Bestehen von zwei vollkommen planen Gelenkflächen. Die andern Befunde, die von bedeutend älteren Individuen stammen, glauben wir damit erklären zu können, daß die durch leichte arthritische Veränderungen und Abnutzungsdeformitäten aufgeworfenen Ränder eine leichte Konkavität der ursprünglich planen Gelenkfläche vortäuschen können.

Die Gelenkflächen tragen nach **Fick** über einer Unterlage von Hyalinknorpel auf der Wirbelkörperseite einen Überzug von Faserknorpel. Dasselbe fand schon **Luschka**. Der Faserknorpel setzt sich in den Anulus fibrosus fort. In den eingelenkigen Verbindungen soll nur Hyalinknorpel die Gelenkoberfläche bilden. Wir beobachteten stets an den obern Gelenkflächen eine glatte, weißglänzende Oberfläche, an der untern war sie leicht rötlich und unregelmäßig. Dies gilt indessen nicht für die untersten eingelenkigen Verbindungen, wo sicher wieder glatter Hyalinknorpel anzutreffen war.

Die Kapsel setzt sich an den untern Gelenken auf dem ganzen Umfang höchstens 1 mm unterhalb der Gelenkfläche fest. **Fick** bemerkt dazu, daß sie auf der Unterseite «etwas entfernt sei». An den obern Gelenkflächen ist ihr Ansatz unregelmäßiger, ventral sitzt sie auf der Gelenkfläche, caudal und cranial etwa 1 mm daneben, dagegen zeigen sich gegen dorsal kleine Blindtaschen von maximal

2,5 mm Tiefe. Diese fanden wir nirgends in der Literatur erwähnt. Die Kapseln der einkammerigen Gelenke, die ja stets einer gesonderten Betrachtung bedürfen, umfassen die Gelenkfläche wieder gleichmäßig in geringem Abstand vom Knorpelrand. Die Gelenkspalten sind außerordentlich schmal.

Reichlicher sind die Angaben über das Lig. interarticulare. **Luschka** spricht von einem platten, knorpelzellhaltigen, horizontalen Bändchen, das von der Zwischenwirbelscheibe abgegeben wird, **Straßer** nur von einer fibrösen Zwischenplatte. **Fick** und nach ihm **Spalteholz** halten es für eine quere, faserknorpelige Platte, die zur Mitte der Zwischenwirbelscheibe zieht. **Fick** bezeichnet sie als vorne dicker und nach hinten auslaufend, wobei sie dorsal nicht immer durchgehend sei. An ihre Stelle treten dann kleine Synovialzotten. Auf Grund der eigenen Untersuchungen müssen wir diese letzte Ansicht als irrtümlich bezeichnen (vgl. S. 15, Abb 4).

Übereinstimmend sind die Beschreibungen des Lig. capituli costae radiatum. Es ist natürlich Ansichtssache, ob man wie **Fick** noch eine Unterteilung in eine obere, mittlere und untere Portion machen will, oder ob man es, wie **Spalteholz**, einfach als divergierend bezeichnet. Eindeutig ist auch, daß die Fasern auf Höhe der Zwischenwirbelscheibe spärlicher sind und Lücken zum Durchtritt der Gefäße aufweisen.

Nicht klar sind dagegen die Befunde über ein **Lig. fibrosum cap. costae posticum**. **Luschka** berichtet von mehreren fibrösen Bändern, die selbständig und scharf begrenzt vom Bogenschenkel zum Rippenköpfchen ziehen, **Fick** aber von platten Bündeln in der Hinterwand der Kapsel mit Ursprung und Ansatz am Rippenköpfchen und in der Kapsel. **Straßer** weist darauf hin, daß das Band beim Tier sehr gut ausgebildet sei, beim Menschen dagegen nur aus einem Faserzug bestehe. **Spalteholz** und **Tandler** erwähnen es gar nicht. Es ist klar, daß bei der Schwierigkeit der Präparation in dieser Gegend und bei der Zartheit der Fasern leicht Unterschiede in der Beurteilung entstehen können. Um sicher zu sein, muß man da wieder den mikroskopischen Schnitt zu Rate ziehen. Ich verweise hier besonders auf die Arbeit aus dem hiesigen Institut von **Landolt** 1947 über das Zwischenwirbelloch.

Die Gefäße stammen aus dem Ramus spinalis der Interkostalarterien. **Fick** erwähnt nur Gefäße, die durch die Lücken des Lig. cap. cost. rad. ziehen, also von ventral herkommen; sicher gibt es

aber auch solche, die von dorsal, also vom Foramen intervertebrale ausgehen. Die Nerven entstammen den Rami ventrales der Rückenmarksnerven.

2. Beschreibung der mikroskopischen Befunde

Wir haben Schnittserien von Embryonen von 100 bis 200 mm SSL untersucht. Die herausgelösten Wirbelsäulen wurden frontal, sagittal, horizontal und in einer mittleren Lage zwischen frontal und sagittal geschnitten und mit Azan gefärbt. Dazu standen uns einige Sagittalschnittserien von Rippenköpfhengelenken des Erwachsenen zur Verfügung.

1. Embryo 104, 100 mm SSL

Auf einem Frontalschnitt durch die Mitte der Wirbelsäule ist zu sehen, daß jeder Wirbelkörper einen zentralen Kalkknorpelkern enthält, welcher von vorwachsenden Gefäßen aufgelöst zu werden beginnt. An seiner Peripherie ist der in Ausbildung begriffene primäre Markraum zu sehen, in welchem verkalkte Knorpelbälkchen mit darauf abgelagertem Knochensaum hineinragen. Dieses Verknöcherungsstadium ist für Feten von 100 mm SSL charakteristisch, die Kalkknorpelkerne sind in sämtlichen Wirbelkörpern mit Ausnahme der zwei obersten Hals- und der zwei untersten Sakralwirbel enthalten. Am weitesten ist die Verknöcherung in der Gegend der untern Brust- und der obern Lendenwirbel gediehen. Auch die Wirbelbogenossifikation ist in vollem Gange und zeigt ihre stärkste Ausbildung in der untern Halsregion. Alle Rippen lassen bereits einen Röntgenshatten erkennen, der sich ungefähr bis in die Gegend des Rippenhöckers erstreckt. Das Rippenköpfchen hingegen verknöchert erst bedeutend später. Die intensivste Verschattung zeigen die mittleren Rippen (5 bis 7).

Betrachten wir einen frontalen Schnitt durch die Mitte des Rippenköpfhengelenkes (Abb. 1), dann ist zu sehen, daß die beiden Gelenkspalten an der Stelle ihrer größten Ausdehnung geschnitten sind. Sie unterscheiden sich bereits in Größe und Form. Die obere ist kleiner und von länglich-spindelförmiger Gestalt, d. h. sie erscheint gegen die Enden hin zugespitzt und erreicht ihre größte Breite in der Mitte, im Gegensatz zur viel größeren und etwas breiteren untern Gelenkspalte, die beiderseits über die Gelenkfläche

hinaus um die Kanten des Wirbelkörpers herumbiegt. Dadurch erhält sie die Form einer flachen Schale mit beiderseits erhöhten Rändern.

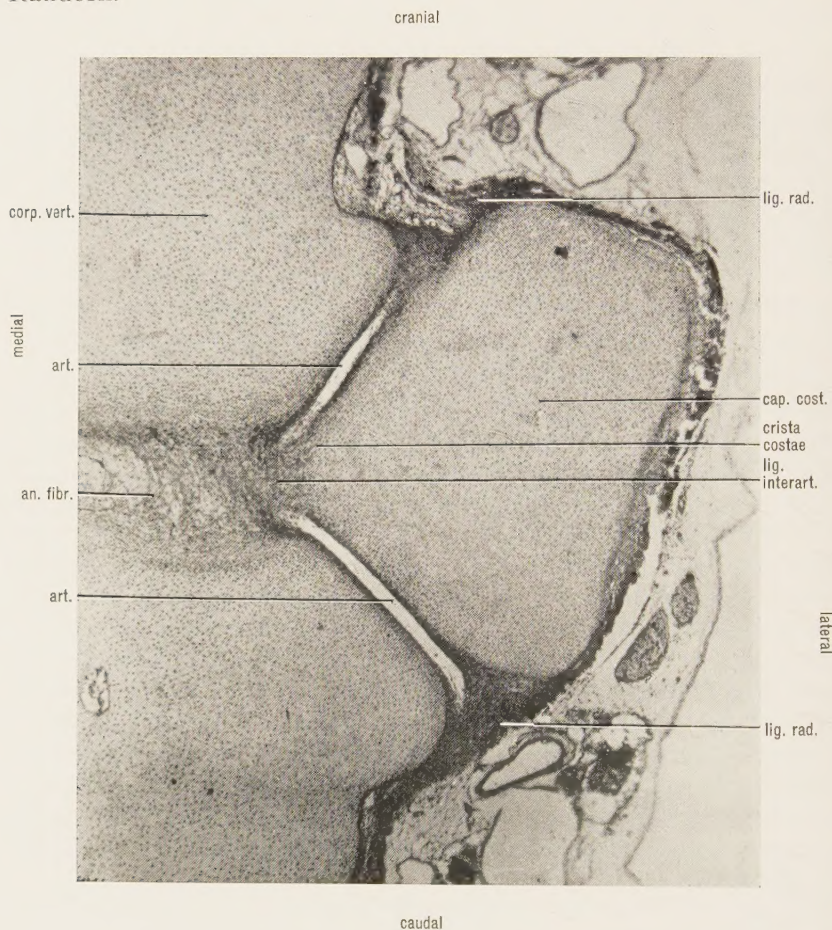


Abb. 1

Die Gelenkhöhle wird von einer Lage länglicher, flacher Zellen ausgekleidet, die sich teilweise von der Gelenkfläche abgelöst haben und frei im Lumen liegen. Daran schließt sich eine zellkern- und faserreiche Schicht an, deren Fibrillen parallel zur Gelenkfläche verlaufen. Wenn auch die Grundsubstanz knorpelig ist, so

können wir hier noch kaum von einem Faserknorpel sprechen, dazu ist das Gewebe noch zu unreif. Es handelt sich aber wohl um das Vorstadium der späteren faserknorpeligen Gelenkfläche. Die in der Tiefe folgende Schicht ist faserärmer und geht schließlich in den eigentlichen Hyalinknorpel über. Die Zellkerne der verschiedenen Lagen unterscheiden sich durch ihre Form und Richtung. Sie sind abgeplattet, stehen parallel zur Oberfläche und sind schichtweise angeordnet, runden sich in der Tiefe ab und nehmen typischen Knorpelkerncharakter an. Costale und vertebrale Gelenkflächen sind in diesem Alter in ihrem Aufbau identisch.

Die lateral und medial gelegenen Gelenkkapseln sind gleich gebaut. Sie strahlen beidseitig in das faserreiche Perichondrium ein, wobei sie im Bereiche des unteren Gelenkes breitbasig an der Unterseite des Capitulum costae ansetzen und bogenförmig die Gelenkfacette des Wirbelkörpers umfassen. Die halbkreisförmigen Fasern der obern Kapsel sind bedeutend kürzer als die untern, die nahezu $\frac{3}{4}$ eines Kreisbogens bilden.

Wir müssen hier die Frage aufwerfen, was wir eigentlich als **Lig. interarticulare** zu bezeichnen haben. Makroskopisch wird darunter das Gewebe im Raum verstanden, der lateral von der Crista interarticularis, medial vom Anulus fibrosus der Zwischenwirbelscheibe, ventral vom Lig. cap. cost. rad. und dorsal vom Lig. cap. cost. post. begrenzt wird. Cranial umfaßt es die obere, caudal die untere Gelenkkapsel. Da diese und die Zwischenwirbelscheibe 5 kreisförmige Flächen umschließen, die sich in der Mitte berühren, erhält das Lig. interarticulare nahezu Sanduhrform (Abb. 4). Normalerweise baut sich ein Gelenkband aus einheitlich gerichteten Faserbündeln auf, die sich von der Gelenkkapsel gut isolieren lassen. Die Fasern des Lig. interarticulare gehören teils der Gelenkkapsel, teils der Bandscheibe an. Aus diesem Grunde und wegen der Gefäßbeziehungen, auf die wir weiter unten eingehen werden, scheint uns die Bezeichnung Ligament wenig glücklich zu sein. Es ist weder im funktionellen, noch im anatomischen Sinn als Einheit zu betrachten. Auch die Benennung Discus wird der Funktion nicht gerecht, da wir es hier nicht mit einer Schaltscheibe zur Ermöglichung des Aufeinandergleitens zweier inkongruenter Gelenkflächen zu tun haben. Wie wir weiter unten sehen werden, dient dieses «Ligament» in erster Linie als Zutrittstelle für Gefäße, dann

als Verschluß des Gelenkes und erst in dritter Linie als Halteband. Wir wählen die neutralere Bezeichnung **Plica interarticularis**.

Betrachten wir die Verhältnisse, wie sie sich auf Abb. 1 darstellen, dann sehen wir, daß sich die Fibrillen der Kapseln halbkreisförmig um die Gelenkenden legen und einen schmalen, gegen die Zwischenwirbelscheibe breiter werdenden Raum zwischen sich frei lassen, in welchem quer geschnittene Fäserchen enthalten sind. Diese gehören nicht den Gelenkkapseln an, inserieren auch nicht am Wirbelkörperknorpel, sondern verflechten sich mit den äußersten Fasern des Anulus fibrosus, die von einer Wirbelendfläche zur andern verlaufen und sich nach außen so weit abflachen, daß die äußersten gerade sind. Sie gehen teilweise in flachem Bogen in die Gelenkkapsel über. Diese äußersten Fasern unterscheiden sich auch färbetisch und strukturell von den innern. Sie sind viel derber und verflechten sich mit den Fasern der Plica interarticularis. Es ist also sicher nicht so, daß ihre Fasern von der Zwischenwirbelscheibe stammen, sie strahlen vielmehr von der Crista costae aus in die äußersten Schichten des Anulus fibrosus ein. Im Gegensatz dazu biegen die Kapselfasern direkt gegen die Wirbelkörper um.

Die äußere Gelenkkapsel wird durch das Lig. cost. rad. verstärkt, dessen Übergang auf die Gelenkkapsel nahezu kontinuierlich ist, so daß eine Unterscheidung nur nach dem Faserverlauf und nach der Derbheit der Fasern möglich ist. Die Fasern des Lig. cap. costae rad. sind auf dem in Abb. 1 dargestellten Schnitt quer, diejenigen der Kapsel längs-schräg geschnitten.

Im Bereiche der Gelenkkapsel sind nur sehr spärliche Blutgefäße zu sehen. Die großen Äste der Intercostalgefäße liegen ventral vom Wirbelkörper.

Auf Abb. 2 ist ein ventraler Tangentialschnitt durch das gleiche Gelenk dargestellt. Am untern Gelenk ist auf der Seite des Wirbelkörpers wieder die Schichtung in faserreichen Knorpel, faserarmen und hyalinen Knorpel deutlich sichtbar. Auf der Seite des Rippenköpfchens scheint der Faserknorpel infolge der schrägen Schnittführung erheblich verbreitert. Die Zellkerne sind länglich-oval, die Zellen besitzen 2 bis 3 Zipfel und gleichen darum Fibrozyten.

Anders gestaltet sich das Bild über der obern Gelenkkapsel. Der Raum zwischen Rippenköpfchen und Wirbelkörper ist meistens von faserigen Bündeln erfüllt, die bogenförmig gekrümmt hindurchziehen. Dazwischen findet sich eine Stelle mit Hyalinknorpel.

Die äußersten Schichten des Anulus fibr. färben sich viel stärker an als die innern, und vor allem erkennt man darin die einzelnen Faserbündel, die gerade gestreckt von Wirbel zu Wirbel verlaufen. Vom Rippenköpfchen aus strahlen viele Fasern gegen die Mitte der Zwischenwirbelscheibe. Über den Gelenkkapseln liegen die quergeschnittenen Fibrillenbündel des Lig. rad.

Besonders auffallend sind die zahlreichen Blutgefäße, und zwar nicht nur in der Gelenkkapsel, sondern auch in den äußern Schichten der Bandscheiben.

Auf einem Schnitt, der einer weiter dorsal gelegenen Stelle entstammt (Abb. 5), ist nur noch die obere Gelenkspalte zu sehen. Gelenkflächen und -kapsel zeigen nichts Besonderes, hingegen muß auf den Raum zwischen den inneren Kapselfasern und die Bandscheibe hingewiesen werden, der von quergeschnittenen Fasern ausgefüllt ist, die peripherwärts ein Lückensystem bilden, das Fibrozyten und zahlreiche kleinere Blutgefäße enthält.

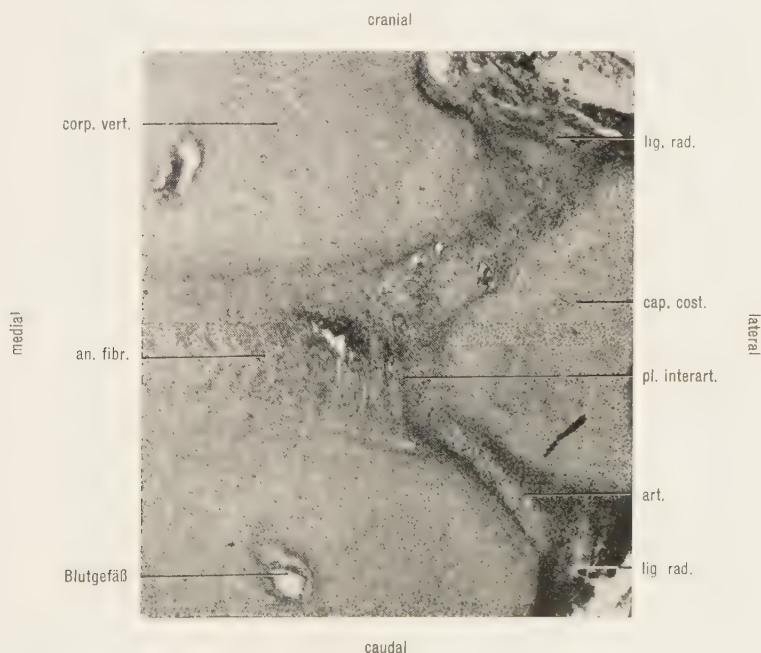


Abb. 2

2. Embryo 11, 125 mm SSL:

Dieser Keimling zeichnet sich durch eine etwas weiter fortgeschrittene Verknöcherung aus. Die Ossifikationspunkte stoßen dorsal bis an die Wirbelkörperoberfläche, erreichen sie aber ventral noch nicht. Das auf verkalkte Knorpelbälkchen abgelagerte Knorpelgewebe ist etwas dicker als in den Wirbeln des bereits beschriebenen Fetus. Die Knochenkerne der Wirbelkörper reichen bis auf Höhe von C_3 , caudalwärts besitzt noch S_4 einen Kern.

Auf einem Querschnitt (Abb. 4) durch die Mitte einer Bandscheibe sind die äußersten Schichten des Anulus fibrosus deutlich zu sehen. Sie heben sich durch ihre kräftigere Blaufärbung von den innern Schichten, die auch feinfaseriger sind, deutlich ab. Das Rippengelenk ist genau auf der Höhe der Plica interarticularis getroffen. Man erkennt einen bindegewebigen Keil, der von dorsal und ventral her zwischen Rippenköpfchen und Zwischenwirbelscheibe vordringt. Der kleinere, ventrale besitzt eine schmale, ventro-la-

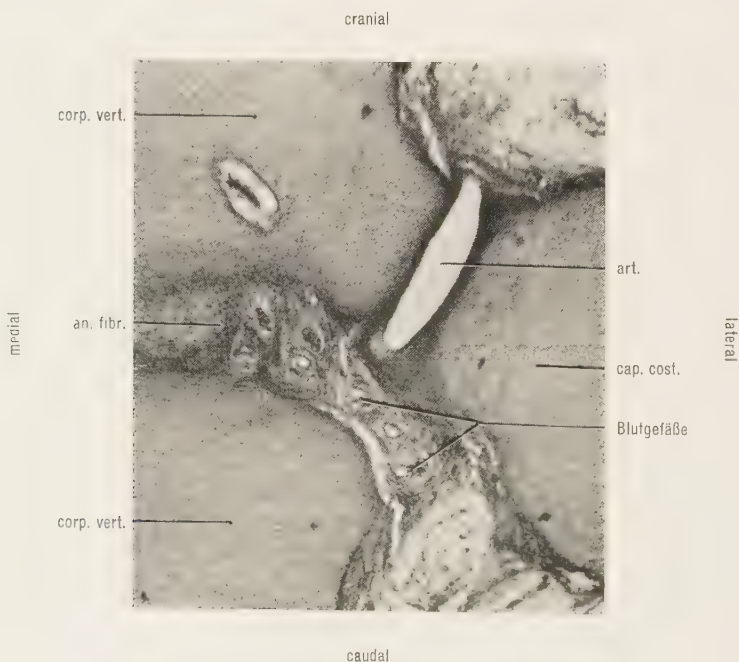


Abb. 3

teral gerichtete Basis, seine Spitze liegt gegen die Zwischenwirbelscheibe zu. Die Grundfläche bilden lockere Fasern, welche vom

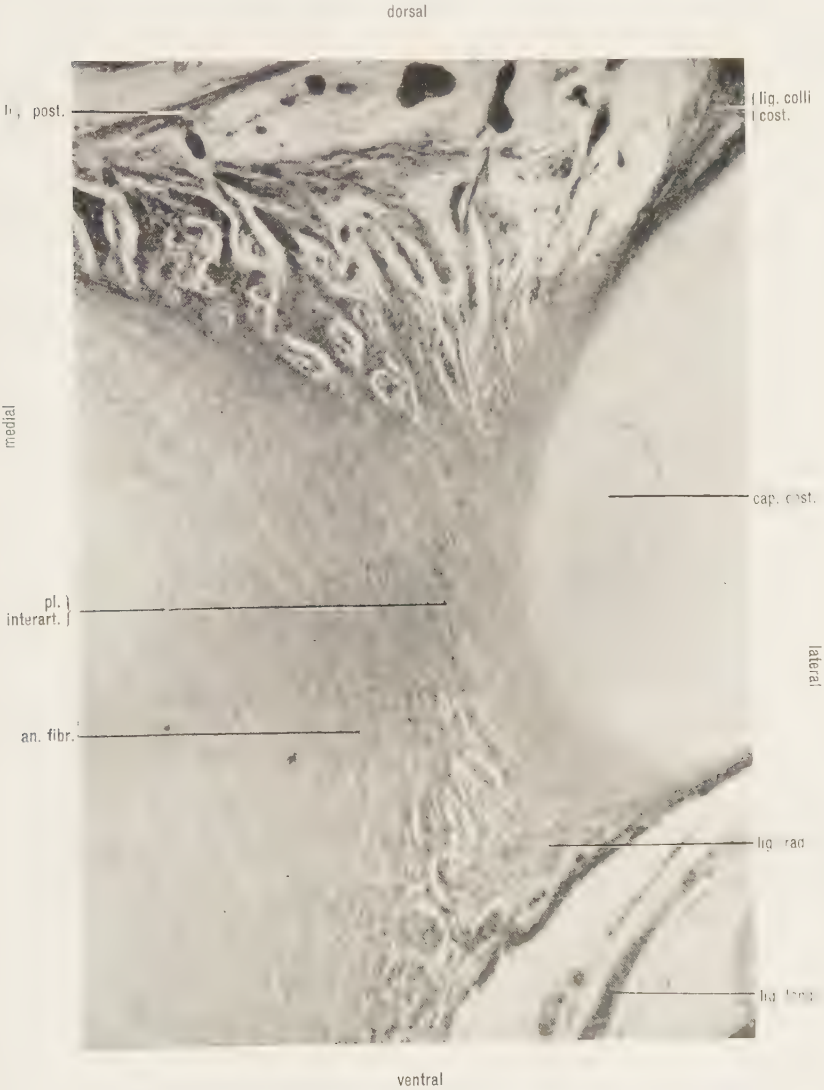


Abb. 4

Rippenköpfchen zur Zwischenwirbelscheibe verlaufen und Teile des Lig. cost. rad. bilden, die sich in das Lig. long. ventr. comm. fortsetzen. Das costale Ende strahlt in die Oberfläche des Rippenköpfchenknorpels ein. Wenn das Ligament hier weniger dicht erscheint als auf andern Schnitten, so stimmt das mit den makroskopischen Befunden an Wirbelsäulen überein, die ebenfalls im intervertebralen Abschnitt Lücken für den Durchtritt von Blutgefäßen aufweisen. Das Innere des Keils durchziehen zahlreiche Gefäße und quergeschnittene Faserbündel.

Der dorsale Keil besitzt an seiner Basis einen feinen Faserzug, der von der Mitte der Bandscheibe quer über das For. intervert. zum Ossifikationspunkt des Wirbelbogens zieht. Zwei weitere breite und lockere Fibrillenzüge gehen vom Wirbelbogen ab, wobei sich der laterale mit dem Rippenköpfchen verbindet, während sich der mediale im Zwischenwirbelloch verliert. Auf den folgenden Schnitten ist zu sehen, daß er sich am Anulus fibrosus ansetzt. Offenbar handelt es sich hier um Bänder, die in der Literatur als Lig. cap. costae post. und als Lig. colli costae beschrieben werden. Den Innenraum des Keils füllen auf der costalen Seite ein zartes, fibrilläres Gewebe, bandscheibenwärts derbe, intensiv gefärbte Fibrillenplatten, die meist ventrodorsal eingestellt sind und von Blutgefäßen und Bindegewebe erfüllte Lücken umschließen. Dorsal, außerhalb dieses Raumes, liegt eine große Vene.

Dieses Bild widerlegt die Behauptung von **Fick**, das Gelenk werde nur von ventral her vaskularisiert. Im Gegenteil, die dorsale Gefäßgruppe, die aus dem Zwischenwirbelloch stammt, ist bei weitem die bedeutendere. Die beiden Gefäßsysteme anastomosieren miteinander.

Die, die Bandscheibe und das Cap. costae verbindende, breite Fasermasse stellt die Plica interarticularis dar, deren Fasern vom Cap. costae aus dorsalwärts verlaufen und tangential in die äußeren Schichten der Bandscheibe einstrahlen. Sie biegen am Rippenköpfchen etwas um und verfilzen sich in der Oberfläche des Knorpels. Dieser Verlauf der straffen Fasern ist auch der Grund, warum die Spitze des ventralen Keils gegen die Zwischenwirbelscheibe gedrängt erscheint, die des dorsalen gegen das Rippenköpfchen.

Auf Abb. 5 ist das untere Gelenk zu sehen, die Gelenkflächen sind plan, schief angeschnitten und besitzen den typischen Bau, der bereits weiter oben geschildert wurde. Das Lig. cap. cost. rad. legt

sich direkt auf die äußere Kapsel, seine Fasern inserieren tangential am Rippenköpfchen und gehen an ihrem vertebralen Ende in das Lig. long. ventr. comm. über. Dorsal finden sich über der Gelenkkapsel lockere, längsgeschnittene Fasergruppen. Teile des Lig. cap. cost. post., die sich zu einem Bindegewebszug von mäßiger

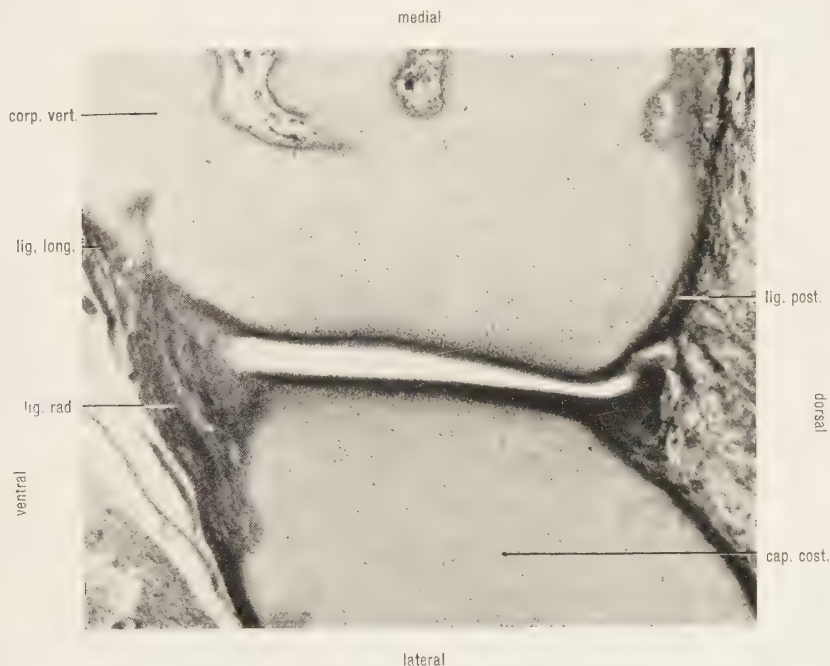


Abb. 5

Dicke vereinigen, der gegen hinten in die Gelenkkapsel des kleinen Wirbelgelenks einstrahlt und sich so mit dem dorsalen Anteil des Wirbelbogens verbindet.

Schnitte, die wenig tiefer liegen, zeigen die Kommunikation der intra- und extravertebralen Gefäßnetze durch das For. intervertebrale. Dagegen sind die Anastomosen um das Gelenk von ganz geringer Bedeutung.

Das obere Gelenk verhält sich wesentlich anders. Ein Blick auf den cranial von Abb. 4 durchgehenden Schnitt (Abb. 6) zeigt, daß der obere Gelenkspalt auffallend schmal und kurz ist.

Die Gelenkflächen sind nicht plan, wie im Bereiche der untern Gelenkhälfte, sondern mehr sattelförmig. Dabei ist die costale ähnlich gebaut wie die entsprechende Facette der untern Gelenkhälfte. Sie besitzt einen dicken, faserigen Überzug, dem nach innen typisch gebauter Hyalinknorpel folgt. Die vertebrale Gelenkfläche hingegen ist fast rein hyalin.

Dorsal verlängert sich die Umschlagsfalte der Kapsel wenig über die Gelenkfläche hinaus, ventral reicht sie nicht bis an die Spitze des Rippenköpfchens. Die Fasern der Gelenkkapsel vermischen sich hier mit dem fibrösen Gewebe der Bandscheibe, so daß eine eigentliche Kapsel kaum isolierbar ist.

Auch hier ist wieder ein Bindegewebskeil zu sehen, welcher sich zwischen Rippenköpfchen und Wirbelkörper einschiebt und basal aus zarten, längs geschnittenen Fasern besteht. Den Innenraum füllen quere Fibrillenzüge und einige zarte Blutgefäße, die durch das Lig. cap. cost. rad. stoßen. Dorsal spannt sich zwischen



Abb. 6

Wirbelbogen und Rippenhals das Lig. colli costae aus, in welchem kräftige Gefäße verlaufen, die teils das Rippenköpfchen, teilweise den Knochenkern des Wirbelbogens und die hintere Wand der Gelenkkapsel versorgen.

Ergänzt werden diese Befunde durch Beobachtungen an einer Frontalschnittserie durch weiter caudal folgende Wirbelrippengelenke desselben Keimlings. Auf Abb. 7 ist die untere Gelenkspalte zu sehen, die verhältnismäßig breit und etwas unregelmäßig gestaltet ist, im übrigen aber keine Besonderheiten aufweist. Die

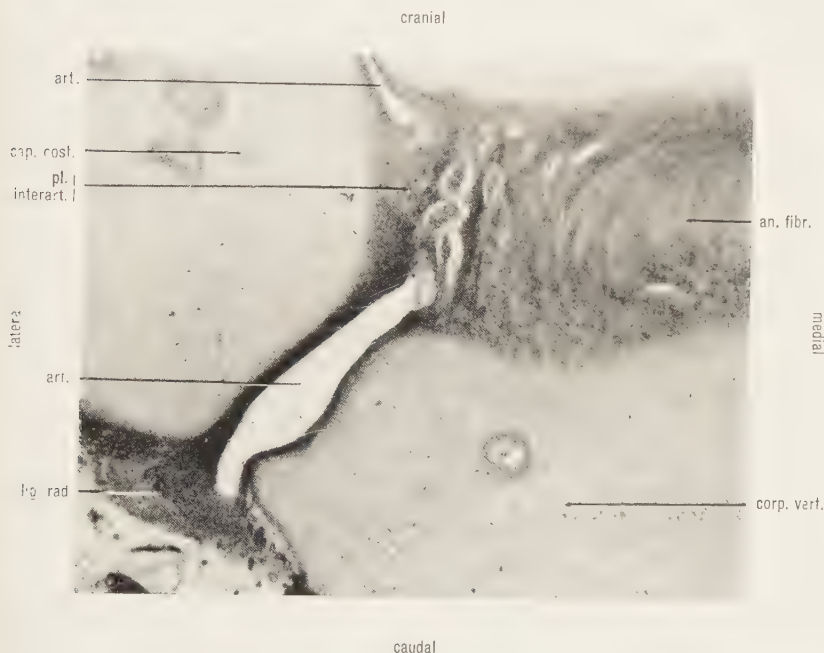


Abb. 7

schräg geschnittenen Kapselfasern legen sich halbkreisförmig um die Enden der Gelenkspalten und besitzen enge Beziehungen zu den angrenzenden Fasersystemen, so daß eine Abgrenzung nur an Hand der Schnittrichtung möglich ist. So sind die Fasern des Lig. cap. cost. rad. quer, was im Schnittbild eine größere Dichte der Fasern vortäuscht, die Lamellen des Faserringes längs geschnitten, Zwi-

schen den beiden Gelenken vermitteln die Fasern den Eindruck vollkommener Regellosigkeit, ihre Insertion am Rippenköpfchen läßt die verschlungene Anordnung in der obersten Schicht sichtbar werden. Man sieht hier deutlich, wie sich die Fasern um die Knorpelzellen herumschlingen und sich untereinander verflechten.

Verfolgen wir das Gelenk auf der Schnittserie in ventraler Richtung, so verschwinden bald Gelenkspalte und Rippenköpfchen. Das in der Kapsel eingewobene Lig. cap. cost. rad. verflucht sich an seinem distalen Ende mit den obersten, stark aufgelockerten Fasern des An. fibrosus. Zwischen den äußeren Schichten der Zwischenwirbelscheibe befinden sich anscheinliche Blutgefäße, die meist zwischen den Lamellen und parallel zu diesen verlaufen. Auch das Lig. cap. cost. rad. wird vielfach von Blutgefäßen durchsetzt, wenn auch meist von kleineren. Wir sehen also, wie die Blutversorgung durch kleinere Gefäße offensichtlich auch von ventral her erfolgt, indem die Plica interart. durchbrochen wird und die Gefäße an die Gelenkkapseln und die Zwischenwirbelscheibe herantreten können und teilweise in die obersten Partien der letzteren eindringen.

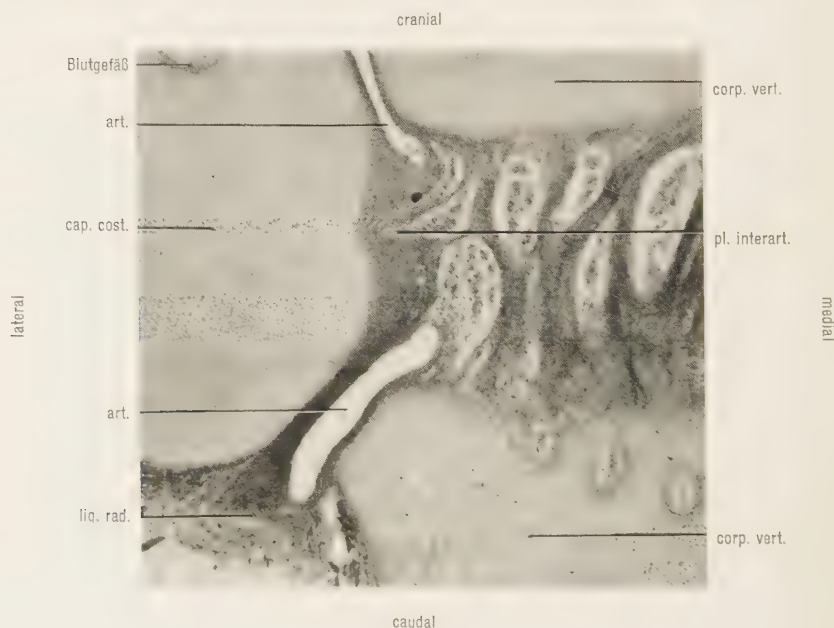


Abb. 8

Dorsal verkürzen sich Gelenkspalte und -fläche (Abb. 8). Deutlich erkennt man das um die vertebrale Gelenkfläche abgebogene laterale Spaltende und die leichte Erweiterung der medialen Umschlagsfalte, ebenso den circulären Verlauf der Fasern. Die Gelenkkapseln sind auf zwei bis drei Lagen dünner Faserbündel zusammengeschmolzen.

Extraarticulär finden wir nur die wenigen schon erwähnten Kapillaren im Lig. cap. cost. rad. Dagegen hat sich in den Gewebsspalten der Zwischenwirbelscheibe ein mächtiges Gefäßnetz ausgebildet, das in mannigfachster Beziehung zur Umgebung steht. Wir sehen nicht nur Gefäße, die gegen das Rippenköpfchen vorstoßen und weiter dorsal in dasselbe eindringen, was ein recht seltener Befund ist, sondern auch deutliche Übergänge von Gefäßen in die obere und untere Wirbelkörperepiphyse.

3. Embryo W. 153, 150 mm SSL.

Nach dem Röntgenbild hat die Ossifikation im Vergleich zum jüngeren Stadium wesentliche Fortschritte gemacht. Die Knochenkerne erreichen cranial den ersten Hals-, caudal den 4. Sakralwirbel. Die Kalkknorpelkerne sind aufgelöst, peripher finden sich deutliche Knochenbälkchen.

In Abb. 9 ist das Gelenk an der Stelle seines größten Durchmessers geschnitten. Der untere Gelenkspalt übertrifft die Gelenkfläche an Größe um ein Beträchtliches, die Gelenkspaltenden sind leicht wirbelkörperwärts abgebogen und nicht erweitert. Die Spalte erscheint im Verhältnis zur Länge schmaler als bei jüngeren Stadien. Die obere Gelenkspalte erreicht knapp die Länge der Gelenkflächen und ist eher noch schmaler als die untere. In den Gelenklumina liegen vereinzelte abgelöste Zellen der Gelenkfläche, die im übrigen den üblichen geschichteten Aufbau zeigen. Die Gelenkkapseln sind gut ausgebildet und strahlen mit ihren Fasern in den faserknorpeligen Überzug der Gelenkflächen ein. Sie verlaufen bogenförmig um die Gelenkspalten herum.

Von der Bandscheibe sind die äußeren Lamellen zu sehen, die sich bogenförmig von einer Wirbelendfläche zur andern ausspannen. Das quergeschnittene Lig. cap. cost. rad. sieht man besonders gut im Bereiche der äußeren untern Gelenkkapsel, während es an der obern Gelenkkapsel fast ganz fehlt.

Im Interarticulärraum erkennt man das zarte Kapselgewebe, das die beiden Gelenkspalten abschließt und zwischen welchem

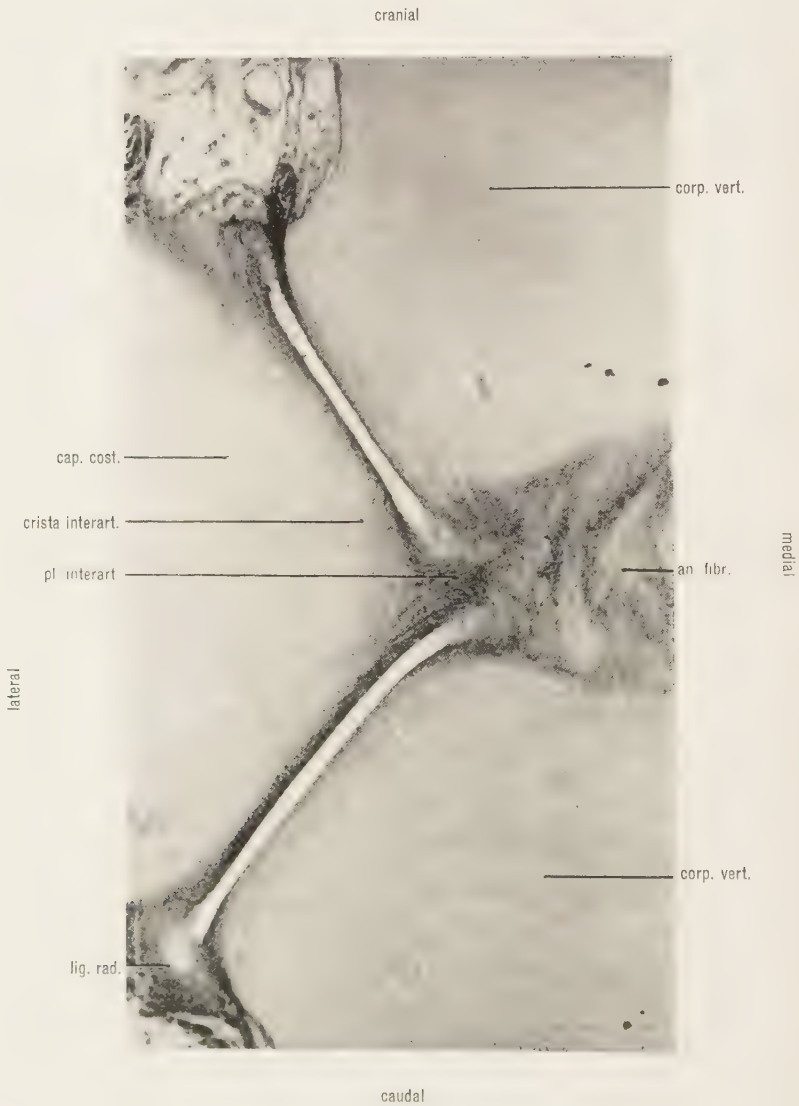


Abb. 9

die Plica interarticularis eingeschoben ist, deren Fasern in die Crista capituli costae eindringen, wo sie sich in der Knorpelgrundsubstanz verlieren. Im Bereiche der Bandscheibe weichen sie cranial- und caudalwärts auseinander und verflechten sich mit den Fasern des Faserringes.

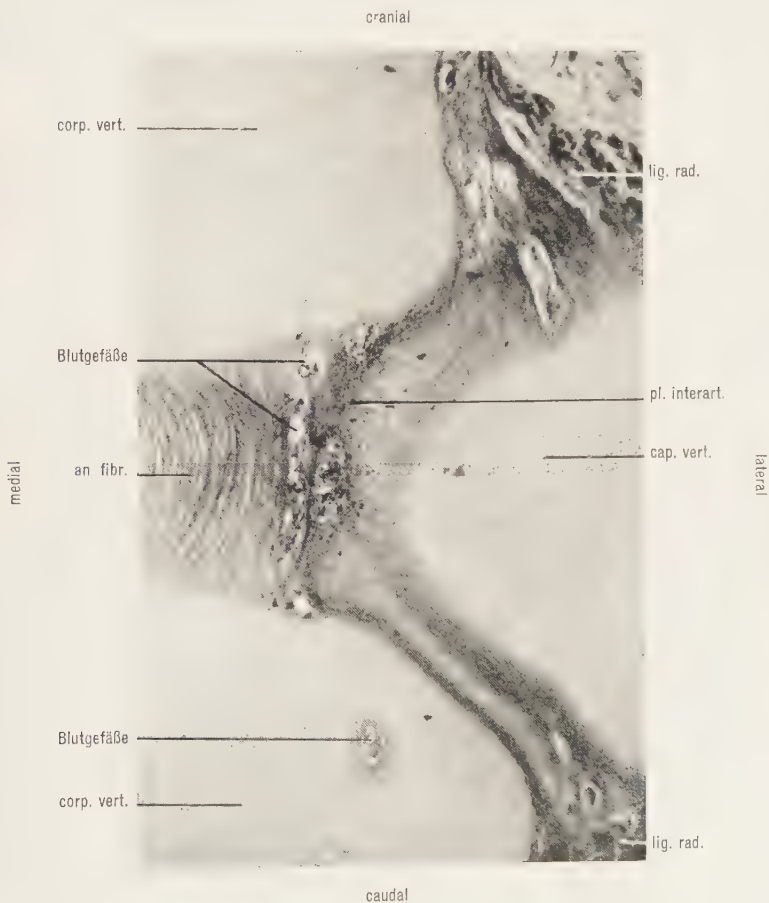


Abb. 10

Abb. 10 stellt einen Schnitt dar, der weiter ventralwärts durch das gleiche Gelenk gelegt wurde. Die beiden Gelenkspalten sind verschwunden, die Kapseln tangential getroffen. Cranial und cau-

dal stoßen Blutgefäße zwischen die die Gelenke umhüllenden Kapselfasern von außen vor; auch in den äußersten Schichten der Zwischenwirbelscheibe sind vertikal verlaufende Gefäße zu sehen. Die beiden Gefäßgruppen besitzen nur außerhalb des Gelenkes Anastomosen. Die interartikulären Gefäße verlaufen genau in ventro-dorsaler Richtung. Die lateralen Gefäße dienen der Versorgung der Gelenkkapseln, die interartikulären versorgen hauptsächlich die Zwischenwirbelscheibe.

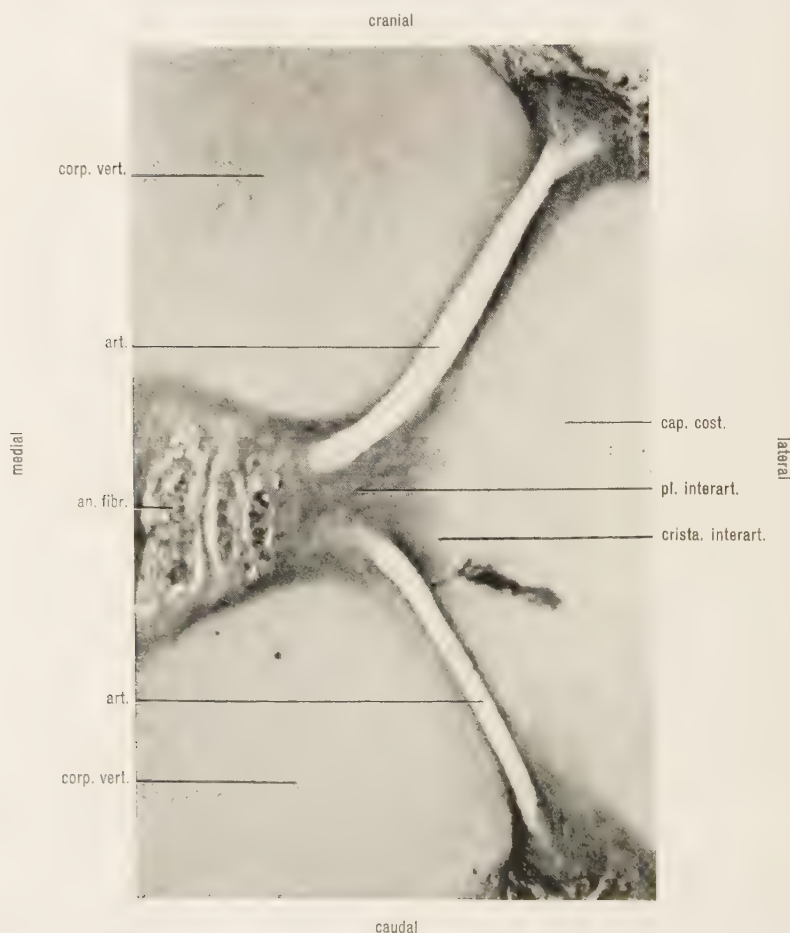


Abb. 11

Verfolgen wir die Schnittserie des gleichen Gelenkes dorsalwärts, dann wird das Verhalten der Plica interart. besonders deutlich sichtbar (Abb. 11). Die Fasern strahlen bogenförmig von der Crista capituli gegen die Bandscheibe aus und verflechten sich mit den Fasern der am weitesten peripher gelegenen Lamellen. Infolge der hier sehr zahlreich vorhandenen Gefäße ist der Faser-ring sehr stark aufgelockert; die die Lücken füllenden Gefäße sind in zartem Bindegewebe eingebettet.

Wesentlich anders und ungewohnter sind die Bilder der einzigen Schnittserie, die in sagittaler Richtung durchgelegt wurde. Wir verfolgen das Gelenk von medial nach lateral und beginnen mit den Bildern unmittelbar vor dem Rippenköpfchen, also dort,

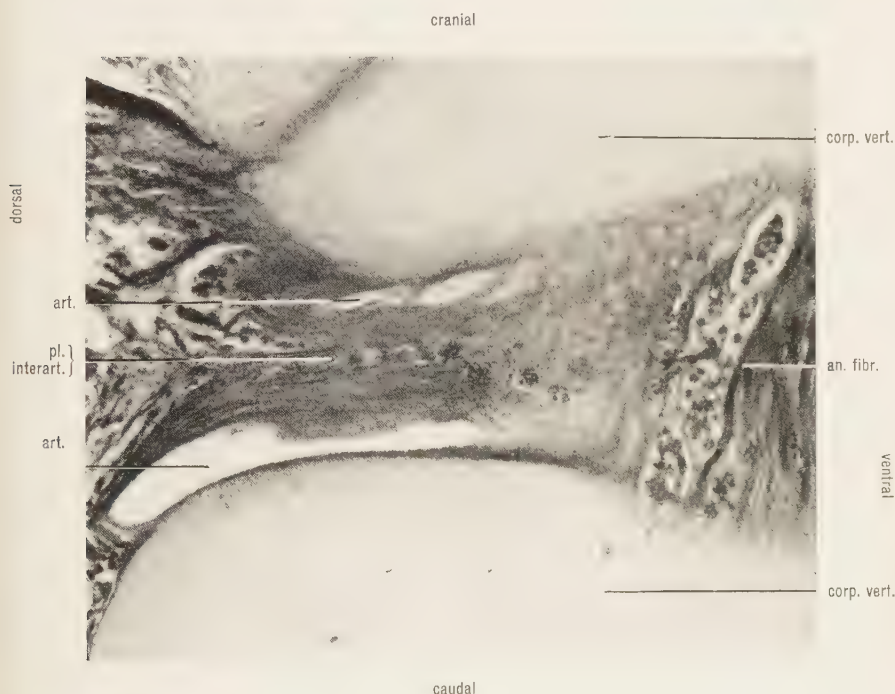


Abb. 12

wo der Schnitt in bezug auf die Verhältnisse im Interartikulärraum am aufschlußreichsten ist (Abb. 12). Die Gelenkspalten sind plan.

die untere in ihrem ventralen, verbreiterten Ende etwas um die Wirbelkörperkante abgebogen. Die vertebralen Gelenkflächen lassen den bekannten Aufbau erkennen. Klar treten die längsgeschnittenen Fasern der Kapsel hervor, zwischen welchen in ausgerichteten Reihen spindelförmige Zellkerne liegen — ein Bild, das an das Verhalten längs geschnittener Sehnen erinnert. Dort, wo die Kapsel tangential geschnitten ist, kann man sehen, daß sie sich aus zwei Faserlagen aufbaut, die sich rechtwinklig kreuzen, ein Befund, der das Verhalten auf Horizontalschnitten erklärt. Auffallend dünn ist die dorsale Kapselwand, etwas stärker ist ihre Struktur am oberen Gelenk, doch fehlen auch hier dorsale Verstärkungsbänder. Ventralwärts schließen die Kapseln an die Zwischenwirbelscheibe an, wobei ihre Fasern in bogenförmigem Verlauf gegen die Wirbelflächen ziehen und sich in der Knorpelgrundsubstanz verlieren. Die Bandscheibe selbst ist in den dorsalen Teilen stark aufgelockert, die Lücken sind gänzlich von Blutgefäßen ausgefüllt. Zwischen den beiden Gelenkkapseln schieben sich schräg geschnittene Fasern hinein, die weder dem einen noch dem andern Gelenk zuzuzählen sind und Gefäße begleiten, die offensichtlich vom Foramen intervertebrale herkommen, zwischen die Kapseln bis nahe an die Bandscheibe vordringen und mit deren Blutgefäßsystem in Verbindung stehen.

Zusammenfassung der mikroskopischen Untersuchungsergebnisse.

Die mikroskopische Schnittuntersuchung der fetalen Rippenköpfchengelenke hat einige sehr interessante Ergebnisse gezeitigt, die kurz zusammengefaßt folgendes Bild ergeben:

Sämtliche untersuchten Gelenke sind zweikammerig, die Anlage der Rippenköpfchengelenke also stets zweiteilig. Wenn beim Erwachsenen auch einkammerige Gelenke gefunden werden, dann handelt es sich um die Folge einer Rückentwicklung des oberen Gelenkes. Die untere Gelenkspalte ist stets die größere, dehnt sich über die ganze Facies articularis aus und verlängert sich, wie auf horizontalen Schnitten zu sehen ist, nach cranial und caudal über die Wirbelkörperkante hinaus.

Die obere Gelenkspalte ist kleiner und von dorsal nach ventral leicht S-förmig gebogen. Sie liegt weiter dorsal, dehnt sich nicht

über die ganze Gelenkfläche des Rippenköpfchens aus (Abb. 6) und enthält häufig vereinzelte Zellfäden, die sie in schräger Richtung durchsetzen und möglicherweise als erste Andeutung einer beginnenden Rückbildung anzusehen sind. An ausgewachsenen Wirbelsäulen findet man alle Übergänge von einer ausgebildeten obern Gelenkspalte bis zu einem vollständigen Schwund derselben.

Von den **Gelenkflächen** der beiden Gelenkteile interessiert besonders ihr Verhalten im obern Gelenk, da hier ein deutlicher Unterschied zwischen der costalen und vertebralen Fläche besteht. Die vertebrale Gelenkfläche des obern Gelenkes ist rein hyalin, die costale und die beiden Flächen des untern Gelenkes hingegen sind geschichtet, und zwar findet man in der dem Lumen zunächst liegenden Schicht platte, längliche Zellen, unter welchen eine Lage von zellkern- und faserreichem Knorpel folgt. In einer dritten Schicht wird dieser wieder faserärmer und geht schließlich in den hyalinen Knorpel der Wirbel- bzw. Rippenanlage über. Die Schichten sind nicht scharf voneinander abgegrenzt, sondern gehen fließend ineinander über. Interessant ist dabei die Tatsache, daß in einem hyalin vorgebildeten Gebiete Faserknorpel auftritt. Untersuchungen über die Entwicklung der Bandscheiben von **Prader 1947** gestatten einen Einblick in diesen Differenzierungsvorgang: Das parachordale Gewebe der Zwischenwirbelscheibe baut sich aus einer faserigen Außen- und einer hyalin-knorpeligen Innenzone auf. Die Außenzone liefert den Anulus fibrosus, in der Innenzone treten, zuerst auf der Grenze zur Außenzone, wenig geordnete, sehr feine Fasermassen auf, zwischen welchen viele längliche, von einer undeutlichen Kapsel umgebene Zellen eingebettet sind. Postnatal tritt in dieser Region wirklicher Faserknorpel auf. Es scheint also, daß Faserknorpel sowohl auf faseriger als auch auf hyalinknorpeliger Grundlage entstehen kann. Wir glauben, daß auch bei dem Knorpelüberzug der Rippengelenke ein ähnlicher Entstehungsmodus vorliegt, d. h. Umwandlung von Hyalin- in Faserknorpel.

Die **Gelenkkapseln** sind im allgemeinen recht zart gebaut und werden im Verlauf der Entwicklung eher noch dünner. Sie bestehen, hauptsächlich der rückwärtige Teil, oft nur aus wenigen Zell- und Faserlagen (Abb. 2), wobei die Fasern zirkulär verlaufen und sich in Schichten übereinander legen, die sich rechtwinklig kreuzen. Dort, wo sich der Gelenkspalt erweitert, also vor allem

in den dorsalen Partien der untern Gelenke, legen sie sich in dreiviertelkreisförmigen Bogen um die Gelenkenden (Abb. 1). Die oberen Gelenke besitzen oft keine deutliche Kapsel, das Lumen ist nur unscharf begrenzt. Die Gelenkkapseln werden ventral vom Lig. cap. cost. rad. (Abb. 1), dorsal vom Lig. cap. cost. post. verstärkt.

Das **Ligamentum cap. costae radiatum** strahlt vom Rippenköpfchen gegen den oberen und untern Wirbelkörper und die Zwischenwirbelscheibe aus, wobei sein mittlerer Teil locker ist und den Blutgefäßen freien Zutritt zu den äußeren Schichten der Zwischenwirbelscheibe und den Gelenken gewährt.

Das **Ligamentum capituli costae posticum**, das der makroskopischen Präparation schwer zugänglich ist, zeigt sich auf mikroskopischen Schnitten als ein zartes Faserbündel, das vom An. fibr. der Zwischenwirbelscheibe zum Wirbelbogen über den oberen Teil des For. intervert. hinzieht. Es liegt dabei der dorsalen Kapsel nicht direkt an, wie **Fick** behauptet, sondern ist ein eigenes, durch Bindegewebe getrenntes Gebilde. Wegen seiner Zartheit können wir kaum mit einer wesentlichen Haltefunktion rechnen.

Besonderes Interesse beansprucht die **Plica interarticularis**, die an der Crista articularis cap. costae beginnt und sich gegen die äußersten Lamellen des Faserringes der Bandscheiben ausspannt (Abb. 7/9). Ventral wird sie vom Lig. cap. cost. rad. überdeckt, dorsal vom Lig. cap. cost. post. teilweise abgeschlossen (Abb. 4). Cranial legen sich die oberen, caudal die untern Gelenkkapseln der Plica interarticularis an, die sich gegen die Mitte zu und auf Höhe der Zwischenwirbelscheibe fast berühren (Abb. 9). Dorsal und ventralwärts trennen sie sich und lassen eine größere dorsale und eine kleinere ventrale Pyramide entstehen, deren Spitzen gegeneinander gerichtet sind, so daß der ganze Raum ungefähr die Form einer Sanduhr erhält. Diese Pyramiden sind mit Bindegewebe und Blutgefäßen angefüllt (Abb. 4). Es müssen an der Plica interart. dieser Entwicklungsstufe drei verschiedene Anteile unterschieden werden, nämlich das fibrilläre Bindegewebe der Gelenkkapseln, Blutgefäße und gröbere Bindegewebszüge, die eventuell den Namen eines Lig. interarticularis verdienen. Beim Erwachsenen ist der Aufbau nicht mehr derselbe, indem die Blutgefäße verkümmern, das Bindegewebe verfettet und knorpelige Anteile in das Faserwerk eingelagert werden.

Entsprechend ihrer verschiedenen Zugehörigkeit ist auch die Richtung der Fasern nicht einheitlich. Die den beiden innern Gelenkkapseln zugehörigen Fasern ordnen sich zirkulär um das untere und obere Gelenk (Abb. 9), die Fasern des An. fibr. gleich Zwiebelschalen um den Nucl. pulp. an. Die mittlere selbständige Fasergruppe zieht horizontal von der Crista interart. zur Zwischenwirbelscheibe (Abb. 12). Wie Horizontalschnitte zeigen (Abb. 4), streicht sie dabei von ventral nach dorsal und bildet das eigentliche Lig. interart., das möglicherweise eine gewisse Halte- und Bremswirkung auf das Rippenköpfchen ausüben kann.

Diese Fasern strahlen tangential in die Zwischenwirbelscheibe ein und verfilzen sich mit den obersten Schichten des An. fibr.; gegen das Rippenköpfchen zu biegen sie etwas um und inserieren senkrecht in der Knorpeloberfläche.

Die Vielheit der Bauelemente — Blutgefäße, Bindegewebe und verschiedene Fasergruppen — läßt den Ausdruck Lig. interart. als unglücklich gewählt erscheinen. Wir haben es hier nur zu einem geringen Teil mit einem Band zu tun und haben deshalb diese Bildungen als *Plica interartic.* bezeichnet.

Die *Plicae interarticulares* sind beim Fetus und neugeborenen Kinde sehr gefäßreich. Die Gefäße sind Äste der Rr. spinales der Intercostalararterien, die ventral von der Wirbelsäule ein weitverzweigtes Netz bilden, in welchem auch die Gefäße der Gegenseite anastomosieren (Abb. 1). Die Rami spinales verlaufen durch das For. intervert. in den Wirbelkanal und bilden auch auf der Rückseite der Wirbelkörper ein Netz. Aus dem ventralen Netz dringen reichlich Gefäße durch das Lig. cap. cost. rad. in die *Plica interarticularis* ein (Abb. 3), von wo aus sie die Gelenkkapseln umwachsen und mit einzelnen Kapillaren bis in die Kapseln vordringen. Andere Gefäße stoßen gegen die Zwischenwirbelscheibe vor (Abb. 4), wo man immer in den äußersten Schichten des An. fibr. zahlreiche und relativ große Gefäße findet (Abb. 7/8).

Die Blutgefäße im hintern Teil der *Plica interart.* stammen aus dem dorsalen Netz und sind zahlreicher und größer als die aus dem ventralen (Abb. 4). Die beiden Gefäßnetze stehen nur periartikulär untereinander in Verbindung.

Die Ernährung der Gelenkkapseln, der *Plicae interarticulares* und der Zwischenwirbelscheiben ist also beim Fetus besonders gut. Bereits beim 2jährigen Kinde wird aber die Zahl der Blutgefäße

kleiner, um mit zunehmendem Alter weiter abzunehmen, so daß beim 10jährigen und beim Erwachsenen alle Gefäße verschwunden sind. Dies gilt gleicherweise für die *Plicae interarticularis* und für die Zwischenwirbelscheiben.

Im Verhalten der Gefäße liegt vielleicht der Schlüssel für das Verständnis der so häufig beobachteten degenerativen Veränderungen an den *Art. cap. costae*. Wir müssen hier mangels besonderer Untersuchungen auf das Verhalten der alternden Zwischenwirbelscheiben hinweisen. Es ist bekannt, daß vom 5. Jahrzehnt an eine allmähliche Abnahme des Wassergehaltes in den Zwischenwirbelscheiben nachzuweisen ist. Der Gallertkern wird trockener, verliert sein glasiges Aussehen und verfärbt sich. Die Fasern des Lamellenringes treten deutlicher hervor und nehmen auch eine braune Farbe an. Man spricht von der braunen Degeneration der Zwischenwirbelscheibe. Die Verfärbung ist am stärksten in unmittelbarer Nähe der Wirbelendplatten, in welchen selbst degenerative Veränderungen, wie Ribbildungen, auftreten. Als Reaktion können Blutgefäße und Bindegewebe aus den Wirbelkörpern durch die zerstörten Knorpelplatten hindurch in die Zwischenwirbelscheiben vorwachsen und diese teilweise oder ganz umwandeln, so daß es zu einer fibrösen Versteifung kommt.

Diese Hinweise mögen genügen, um zu zeigen, daß wohl infolge der starken Beanspruchung, begleitet von ungenügender Ernährung, Degenerationen sehr häufig sind. Die *Plicae interarticularis* der *Articuli cap. cost.* stehen in enger Beziehung zu den äußern Faserlamellen der Bandscheiben, und es liegt nahe anzunehmen, daß sie bei degenerativen Prozessen in Mitleidenschaft gezogen werden. Untersuchungen an Präpariersäualleichen zeigten jedenfalls, daß Degeneration und Verödung der Rippengelenke immer mit solchen an den Bandscheiben verbunden sind. Es wird aber Aufgabe des Pathologen sein, diesen Veränderungen nachzugehen und ihren Entstehungsmodus weiter aufzuklären.

Zusammenfassung

Es wurden in der vorliegenden Arbeit die *Articuli cap. cost.* auf Grund von mikroskopischen Schnitt- und makroskopischen Untersuchungen beschrieben. Die Hauptbefunde sind folgende:

1. Die Art. cap. cost. sind zweikammerige Gelenke, die im Verlaufe des postnatalen Lebens häufig Veränderungen zeigen, so daß man beim Erwachsenen, besonders an der 9. bis 12. Rippe, nur noch eine Gelenkkammer vorfindet.

2. Die untern Gelenke besitzen stets plane Gelenkflächen, während diejenigen der obern Gelenke meistens eine leichte, von dorsal nach ventral gerichtete S-förmige Krümmung aufweisen.

3. Die costalen Gelenkflächen der obern Gelenke und die beiden untern Gelenkflächen besitzen immer einen Faserknorpelüberzug, der beim Fetus und beim Kinde ohne scharfe Grenze in den hyalinen Knorpel der Wirbelkörper bzw. Rippenanlage übergeht.

4. Die beiden Gelenke werden durch die Plica interarticularis vollständig getrennt. Zu dieser gehören die innern Kapseln der beiden Gelenke und eine selbständige Fasergruppe, die, von der Crista articularis costae ausgehend, dorsalwärts zu den äußersten Lamellen des Faserringes der Bandscheibe verlaufen. Im Raum zwischen Gelenkkapseln und diesem Bandgewebe sind lockeres Bindegewebe und Blutgefäße enthalten.

5. Die Rippenköpfchengelenke sind sehr gut vaskularisiert, und zwar dringen Gefäße von dorsal und ventral her in die Plica interart., ein und versorgen von hier aus Wirbelkörper, Zwischenwirbelscheibe, Rippenköpfchen und Gelenkkapseln. Die Gefäße werden im Verlaufe der ersten 8 bis 10 Jahre nach der Geburt vollkommen zurückgebildet, so daß dieses ganze Gebiet beim Erwachsenen gefäßlos ist.

CURRICULUM VITAE

Am 30. November 1918 wurde ich in Basel geboren, wo ich auch die ersten zwei Klassen der Primarschule besuchte. Nach der Übersiedelung nach Zürich absolvierte ich hier das dritte bis sechste Primarschuljahr und das Gymnasium der Kantonschule Zürich, das ich im Herbst 1937 mit der Maturitätsprüfung abschloß. Meine sämtlichen vorklinischen und klinischen Semester belegte ich an der Universität Zürich. Im Mai 1944 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen. Seither war ich drei Jahre in Zürich bei Herrn Dr. E. F. Weiß und zwei Jahre in Zweisimmen bei Herrn Dr. H. von Weißenfluh als Assistent tätig.

Bruno Bürgin.

Literaturnachweis

- Bardeen: Development of thor. vertebrae in man, 1905.
 Bernstein: Arthritis deformans im Rippenquerfortsatzgelenk, Arch. f. klin. Chirurgie, 1926, Bd. 141.
 Dieudelaîf: La colonne vertébrale, 1950.
 Felix: Anatomie der Atmungsorgane, Handbuch der norm. und path. Physiologie, 1925, Bd. 2.
 Fick: Entwicklungsgeschichte der Rippe, 1879.
 Fick: Handbuch der Anatomie.
 Fick: Gelenkformung, 1938.
 Henke-Lubarsch: Entwicklungsgeschichte der Extremitäten und Gelenke, 1874.
 Keibel und Mall: Lehrbuch der Entwicklungsgeschichte, 1910.
 Luschka: Handbuch der Anatomie.
 Poirier: Traité d'anatomie humaine, 1895.
 Proust, Maurer, Dreyfus: Les articulations costovertebrales, ann. anat. path. 9, 8, 1952.
 Schinz und Töndury: Die Frühossifikation der Wirbelkörper, Fortschr. d. Röntg., 1942, Bd. 66.
 Solotuchin: Die Blutversorgung der Brustwirbelsäule, Fortschr. d. Röntg., 1955, Bd. 47.
 Spalteholz: Handatlas der Anatomie des Menschen.
 Straßer: Gelenkmechanik.
 Tandler: Knochen-, Gelenk- und Muskellehre, 1926.
 Tandler: Handbuch der systematischen Anatomie, 1927.
 Thane: Quain's elements of anatomy by E. A. Schäfer, vol. 2, part. 2, 1892
 Töndury: Zur Anatomie der Wirbelsäule: Entwicklung, Bau und Altersveränderungen der Zwischenwirbelscheiben, Jahreskurse für ärztl. Fortbildung, 1944, Bd. 55.

Abkürzungen

an. fibr.	—	anulus fibrosus der Zwischenwirbelscheibe
arc. vert.	—	arcus vertebralis
art.	—	Gelenkspalte
cap. cost.	—	capitulum costae
corp. vert.	—	corpus vertebrale
cr. interart.	—	crista interarticularis capituli costae
lig. colli costae	—	ligamentum colli costae
lig. interart.	—	ligamentum interarticulare
lig. long.	—	ligamentum longitudinale ventrale commune
lig. post.	—	ligamentum capituli costae posticum

Herrn Prof. G. Töndury möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung seines reichen Materials und seine stets liebenswürdige und hilfsbereite Förderung dieser Arbeit meinen aufrichtigen Dank aussprechen.
